

# 白蔹大黄素－金银花绿原酸协同抗菌作用研究

彭媛媛, 张楠菲, 赵远锋\*, 曾品瑶, 郑芸芸, 祖照

遵义医科大学医学与科技学院, 贵州 遵义 563000

DOI:10.61369/MRP.2026010030

**摘 要 :** 目的 优化白蔹大黄素和金银花绿原酸提取方法,并研究二者协同抗菌效果,以期应用于临床,减少抗菌药的使用量,降低细菌耐药性。方法 以白蔹大黄素和金银花绿原酸为对照品,通过薄层色谱法和紫外分光光度法提取物的定性定量分析。并应用琼脂稀释法测定大黄素、绿原酸分别对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的 MIC 值(最小抑菌浓度),随后正交实验测试联合用药对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的协同效果。结果 正交试验方差分析显示,联合用药组抑菌圈直径显著大于单药组( $p < 0.05$ ),且浓度与菌种交互作用显著,进一步验证了协同效应的统计学意义。结论 联合用药的协同抑菌效应,为减少抗生素用量及耐药性提供依据。

**关 键 词 :** 白蔹; 金银花; 大黄素; 绿原酸; 薄层色谱法; 紫外分光光度法; 协同抗菌

## Study on the Synergistic Antibacterial Effects of Paederia Scandens Emodin and Lonicera japonica Chlorogenic Acid

Peng Yuanyuan, Zhang Nanfei, Zhao Yuanfeng\*, Zeng Pinyao, Zheng Yunyun, Zu Zhao

School of Medicine and Science, Zunyi Medical University, Zunyi, Guizhou 563000

**Abstract :** Objective To optimize the extraction methods of picroside from *Menispermum dauricum* and chlorogenic acid from *Lonicera japonica*, and to study their synergistic antibacterial effects, with the aim of applying them in clinical practice to reduce the use of antibiotics and lower bacterial resistance. Methods Picroside and chlorogenic acid were used as reference substances. The qualitative and quantitative analysis of the extracts was conducted by thin-layer chromatography and ultraviolet spectrophotometry. The minimum inhibitory concentration (MIC) values of picroside and chlorogenic acid against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were determined by the agar dilution method. Subsequently, the synergistic effects of the combined use of these two substances against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were tested by the checkerboard method. Results The orthogonal test variance analysis showed that the diameter of the inhibition zone in the combined drug group was significantly larger than that in the single drug group ( $p < 0.05$ ), and the interaction between concentration and bacterial species was significant, further verifying the statistical significance of the synergistic effect. Conclusion The synergistic antibacterial effect of the combined use provides a basis for reducing the dosage of antibiotics and bacterial resistance.

**Keywords :** *menispermum dauricum*; *lonicera japonica*; picroside; chlorogenic acid; thin-layer chromatography; ultraviolet spectrophotometry; synergistic antibacterial effect

## 前言

白蔹为葡萄科蛇葡萄属植物白蔹 (*Ampel pelo psisja ponica*) (Thunb.) Makino 的干燥块根又名白根、五爪藤、山地瓜等,具有清热解毒、生肌止痛之功效<sup>[1]</sup>。现代药理学研究表明,白蔹大黄素对金黄色葡萄球菌(革兰氏阳性菌)具有抗菌活性和免疫活性。金银花 (*Lonicera japonica* Thunb) 为忍冬科植物忍冬的干燥花蕾或带初开的花<sup>[2-3]</sup>,具有抗菌、抗病毒、护肝、止血、抗肿瘤和消炎等作用<sup>[4-5]</sup>。现代研究证明,金银花抑菌作用的主要物质是以绿原酸为主的有机酸类等<sup>[6-7]</sup>。金银花提取物对大肠杆菌(革兰氏阴性菌)等具有较强的抗菌效果。尽管目前对白蔹和绿原酸的化学成分、药理作用及临床应用等方面展开了一些工作,但对于白蔹大黄素和金银花绿原酸联

2024年大学生创新创业训练计划项目:白蔹正丁醇提取物和金银花绿原酸联合体外广谱抗菌作用研究 项目编号:202406

2024年贵州省省级项目:白蔹正丁醇提取物和金银花绿原酸联合体外广谱抗菌作用研究

项目编号:S2024136532502

作者简介:

彭媛媛(2002.01-),女,贵州遵义人,本科,研究方向:麻醉学;

张楠菲(2004.01-),女,贵州兴义人,本科,临床医学,研究方向:临床医学;

通讯作者:赵远锋(1993.03-),男,贵州遵义人硕士研究生,助教,研究方向:生化细胞遗传。

合体外抗菌的作用未见详细报道。因此,本实验采用超声波提取法<sup>[8]</sup>,琼脂稀释法,正反交实验等方法,以蒽醌类大黄素和有机酸类绿原酸为指标成分,用薄层色谱法<sup>[9]</sup>和紫外分光光度法进行白藜大黄酒和金银花绿原酸提取物的定性定量分析,优化白藜大黄酒和金银花绿原酸提取工艺,为进一步开发两种抗菌药物联合在组合治疗领域的应用范围、耐药菌的感染治疗、自身免疫性疾病的免疫调节、肿瘤放化疗后免疫修复以及多组学指导的精准抗菌提供科学依据。

## 一、资料与方法

### (一) 一般资料

#### 1. 实验材料

研究时间2023年12月至2025年5月,实验材料为白藜的干燥块根,经超微粉碎处理(粒径 $\leq 75\mu\text{m}$ ,过200目筛)。干燥的金银花,经微波干燥(功率500 W,时间30min),均市购于遵义市药材市场。

#### 2. 菌种来源

本次试验运用的金黄色葡萄球菌、大肠杆菌均源自贵州省普通高等学校微生物资源及药物开发特色重点实验室。

#### 3. 细菌悬液的制备

从超低温冰箱( $-80^{\circ}\text{C}$ )中取出金黄色葡萄球菌和大肠杆菌,严格遵循无菌操作原则及方式,选择琼脂培养基,对其予以接种,并将其放入恒温培养箱中予以复苏,温度维持在 $37^{\circ}\text{C}$ ( $10\%\text{CO}_2$ );复苏步骤成功后,转种至LB液体培养基(250mL-24口)中,摇床振荡培养9h后,放入 $37^{\circ}\text{C}$ 恒温箱备用。

#### 4. 仪器与试剂

仪器:冰箱;洁净工作台(SW-CJ-ICU);电子分析天平AL204;磁力加热搅拌器78-1、手提式不锈钢蒸汽消毒锅(YX20B);R201型旋转蒸发仪;SHB-3型循环水多用真空泵;UV-1950紫外分光光度计;生化培养箱250B;台式离心机TDL-40B;HK-16B小型自动粉碎机;超声波清洗机KQ500DE;电热式压力蒸汽灭菌锅;100-1000ul移液枪;薄层层析硅胶GF254

试剂:氢氧化钠、无水乙醇、甲醇、石油醚乙酸乙酯、柠檬酸、正丁醇;LB琼脂培养基(9cm)、大黄素标准品(E808871-20mg);绿原酸标准品(NIFDC)

### (二) 方法

#### 1. 提取物的制备

取市售白藜粉末4.00g,加入60%甲醇80 mL,于 $50^{\circ}\text{C}$ 超声提取30 min,趁热减压抽滤,滤渣及容器以甲醇洗涤3次,合并滤液并定容至100mL,冷却备用<sup>[8]</sup>。

另取金银花50 g,按料液比1:5加入40%乙醇250 mL,于 $45^{\circ}\text{C}$ 、40 Hz超声提取30 min,平行三组进行150 min乙醇热回流提取,滤液经旋转蒸发( $60^{\circ}\text{C}$ 、65 r/min,25 min)浓缩后蒸干得浸膏<sup>[10]</sup>。浸膏加水溶解,依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取,其中正丁醇萃取重复5次以确保充分提取,合并正丁醇萃取液并旋转蒸发浓缩备用。

#### 2. 提取物薄层色谱定性分析

精密称取大黄素标准品11.7 mg,甲醇溶解并定容至100

mL,制得初始标准溶液;精密移取25 mL该溶液,甲醇定容至50 mL,作为大黄素标准品溶液。以硅胶GF254荧光板为固定相,以60%甲醇溶解大黄素标准品作为点样溶剂,采用石油醚-乙酸乙酯-甲酸(11:2.5:0.1)为展开剂进行上行展开。展开后喷洒5% KOH乙醇溶液,加热后蒽醌类大黄素显红色斑点,完成定性分析。

绿原酸分析同样采用硅胶GF254荧光板,以60%乙醇溶解标准品点样,展开剂为石油醚-乙酸乙酯-正丁醇(15:1:1)。展开后挥干溶剂,于365 nm紫外灯下观察,绿原酸因荧光淬灭呈暗斑,通过斑点位置与形态完成定性鉴别。

#### 3. 提取物的定量分析

精密称取大黄素标准品10 mg,用甲醇溶解并定容至100 mL,制得初始标准溶液;再量取5 mL该溶液,甲醇定容至50mL,得到对照品溶液<sup>[11]</sup>。采用紫外-可见分光光度计在200-400 nm范围内扫描<sup>[2]</sup>,确定最佳检测波长并绘制标准曲线,计算回归方程。

另精密称取绿原酸标准品11.0mg,以60%乙醇溶解并定容至100mL,制得 $110\mu\text{g/mL}$ 标准母液。分别取1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL母液,60%乙醇定容至10 mL,配制成系列浓度标准溶液<sup>[12]</sup>。在220-450 nm范围内扫描,测定最大吸收波长,绘制标准曲线并计算回归方程。

#### 4. 体外平板试验

样品制备:分装白藜大黄素、金银花绿原酸提取物为单一组分别标记“白藜组”“金银花组”以保持其纯化状态,另按预设比例混合制备“联合组”。培养基:10g胰蛋白胨+5g酵母粉+10g NaCl,调pH至7.2, $121^{\circ}\text{C}$ 高压蒸汽灭菌20min备用<sup>[13]</sup>。稀释培养:菌悬液( $1\times 10^6$  CFU/mL)与未凝固状态灭菌培养基充分摇匀后倾注无菌平板培养皿<sup>[13]</sup>。打孔加药:凝固后打孔(3mm),注入 $0.22\mu\text{m}$ 滤膜过滤药液120  $\mu\text{L}$ , $4^{\circ}\text{C}$ 扩散4h后 $37^{\circ}\text{C}$ 培养18h,游标卡尺测量抑菌圈大小<sup>[13]</sup>。抑菌试验:微量移液器取50mL已制备好的菌悬液,用玻璃涂布器均匀涂布于牛肉膏蛋白胨琼脂培养基上。采用平板打孔法,每孔加药量均相同<sup>[14]</sup>,用琼脂稀释法配成1:1、1:2、1:4、1:8、2:3、3:4浓度<sup>[15]</sup>,在此基础上采用正交实验对比,配制1:1、2:1、4:1、8:1、3:2、4:3(以丙酮为对照)待药液充分吸收后,倒置于 $37^{\circ}\text{C}$ 培养24-48h后,测量抑菌圈直径,记录结果并求平均值。实验共设6个实验组,每3个平板为1组,每组重复3次<sup>[14]</sup>。

### (三) 观察指标

#### 1. 薄层色谱(TLC)定性分析判定标准:

供试品与对照品斑点需位置一致,Rf值偏差 $\leq 5\%$ ,且阴性对照无干扰斑点。其中,大黄素分析需观察斑点颜色一致、分离清晰无拖尾;绿原酸则需在紫外灯下观察荧光特征一致,斑点无拖尾

且分离度良好。二者均以 Rf 值一致性及斑点形态作为鉴别依据。

2. 紫外分光光度法定量分析评定标准:

供试品与对照品的最大吸收波长需一致, 吸光度与浓度应呈良好线性关系(回归方程相关系数  $r \geq 0.999$ )。白蒺大黄酒检测需满足溶液稳定性等方法学验证要求, 金银花绿原酸检测则需确保方法稳定可靠。

3. 抑菌圈直径: 药物作用后形成的透明抑菌区域的环状直径(以 mm 计), 其大小直接反应药物的抑菌强度。

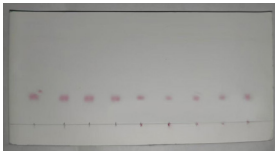
4. 最低抑菌浓度(MIC): 通过微量肉汤稀释法测定, 以肉眼不可见菌生长的最低药物浓度为判定值, 标准参照 CLSI 或 EUCAST 分界点

5. 协同效应判定(FIC 指数): 需计算两药联用与单药的 MIC 比值之和,  $FIC \leq 0.5$  为协同效应,  $0.5 < FIC \leq 1$  为相加效应,  $1 < FIC \leq 4$  为无关效应,  $> 4$  拮抗效应<sup>[10]</sup>, 实验需重复 3 次以上且结果一致方具统计学意义。数据需结合阴性对照及质控菌株验证可靠性。

二、结果

(一) 提取物 TLC 分析结果

白蒺大黄酒: 在 Rf 值约 0.45 处出现一明显棕红色暗斑(蒽醌类特征反应), 与大黄素对照品(Rf=0.44)位置一致, 提示该成分为大黄素或其衍生物。金银花绿原酸: 在 Rf 值约 0.32 处显示一清晰蓝色荧光斑点, 与绿原酸标准品(Rf=0.31)吻合, 符合标准品特征, 证实其主要含绿原酸。结果如下图:



图一: 大黄素薄层色谱图



图二: 绿原酸薄层色谱图

(二) 紫外分光光度计定量分析

白蒺大黄酒: 大黄素对照品溶液紫外-可见分光光度计在 200~400 nm 范围内扫描在 288 nm 处的响应值最大, 故选择 288 nm 为检测波长<sup>[17]</sup>。分别将标准品溶液稀释为原液的 0.75、0.5、0.325、0.25、0.125 倍, 于 288 nm 波长处分别测定其吸光度见表 1。以吸光度 A 为横坐标, 大黄素含量为纵坐标得标准曲线方程为线性方程为  $Y = -3.2971X + 12.208$ ,  $R^2 = 0.9997$ , 线性关系良好。

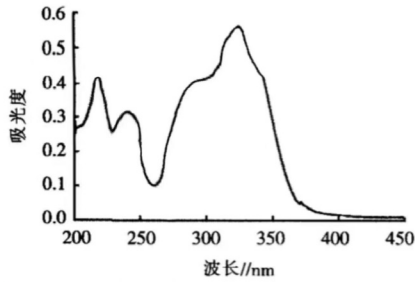
表1 标准线曲线

稀释倍数	大黄素含量 (%)	吸光度 (A)
0.750	71	1.4194
0.500	48	2.2037
0.325	31	2.7173
0.250	24	2.9350

金银花绿原酸: 分别吸取绿原酸标准品母液 1 mL、1.5 mL、2 mL、2.5 mL 和 3 mL 分别置于 10 mL 容量瓶中, 加 60% 乙醇定容摇匀<sup>[9]</sup>。将标准溶液进行 450~220 nm 波长扫描, 测得绿原酸最大吸收波长为 328 nm。以 60% 乙醇溶液为空白对照, 在 328 nm 波长处分别测定各溶液的吸光度, 以标准溶液浓度为横坐标(x), 以吸光度为纵坐标(y), 绘制标准曲线<sup>[18]</sup>, 求其回归线性方程为

$$y = 0.0512X + 0.2177, R^2 = 0.9993.$$

结果表明, 绿原酸浓度在 0.011~0.033 mg/mL 之间有良好线性关系。



图三

(三) 抑菌圈直径

如表 2 所示, 白蒺大黄酒提取物与金银花绿原酸提取物对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均表现出抑菌活性。其中, 当两者浓度比为 1:2 时对金黄色葡萄球菌的抑菌效果最佳(抑菌圈直径最大), 而浓度比为 3:2 时大肠杆菌的抑制作用最为显著<sup>[19]</sup>。

表2 抑菌圈直径

组别	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌
	Staphylococcus aureus	Escherichia coli
A	18.5 ± 0.8	9.2 ± 0.5
B	14.2 ± 0.6	16.8 ± 0.7
A:B=1: 1	20.8 ± 0.1	14.9 ± 0.4
A:B=2: 1	15.4 ± 0.3	13.7 ± 0.8
A:B=4: 1	17.1 ± 0.4	20.8 ± 0.7
A:B=8: 1	13.9 ± 0.1	18.2 ± 0.5
A:B=3: 2	22.1 ± 0.7	23.5 ± 0.6
A:B=4: 3	16.7 ± 0.2	15.1 ± 0.3
B:A=2: 1	25.6 ± 0.3	21.9 ± 0.2
B:A=4: 1	23.9 ± 0.8	17.3 ± 0.6
B:A=8: 1	13.7 ± 0.5	22.9 ± 0.3
B:A=3: 2	19.6 ± 0.7	10.4 ± 0.5
B:A=3: 4	10.5 ± 0.2	19.6 ± 0.1

A: 白蒺甲醇提取物大黄素

B: 金银花乙醇提取物绿原酸

(四) 最低抑菌浓度(MIC)和协同效应判定(FIC 指数)

协同效应判定标准:  $FIC \leq 0.5$  协同作用;  $0.5 < FIC \leq 1$  相加作用;  $1 < FIC \leq 4$  无关作用;  $FIC > 4$  拮抗作用。测定结果: 对金黄色葡萄球菌: FIC 指数 = 0.338, 判定结果: 显著协同作用, 最佳联合浓度比: 大黄素: 绿原酸 = 1: 2。对大肠杆菌: FIC 指数 = 0.266, 判定结果: 协同作用, 最佳联合浓度比: 大黄素: 绿原酸 = 3: 2。抑菌结果如下表三

表三 最低抑菌浓度(MIC)和协同效应判定(FIC 指数)

组别	金黄色葡萄球菌 MIC(mg/mL)/FIC	大肠杆菌 MIC(mg/mL)/FIC
A	45/-	70/-
B	30/-	55/-
A:B=1: 1	16.7/0.927	30/0.945
A:B=2: 1	12.0/0.666	11.4/0.359

A:B=4: 1	12.9/0.716	17.1/0.539
A:B=8: 1	8.7/0.483	22.5/0.709
A:B=3: 2	8.0/0.444	8.2/0.266
A:B=4: 3	15.1/0.838	12.6/0.397
B:A=2: 1	6.1/0.338	15.3/0.482
B:A=4: 1	7.5/0.416	10.0/0.315
B:A=8: 1	9.2/0.511	25.6/0.807
B:A=3: 2	14.7/0.816	13.8/0.435
B:A=3: 4	10.3/0.572	11.4/0.359

A: 白藜甲醇提取物大黄素  
B: 金银花乙醇提取物绿原酸  
- :FIC 指数为 0

三、讨论

（一）研究背景疾病介绍

随着抗菌药物不良反应及毒副作用问题日益突出，中草药抗菌活性备受关注。白藜大黄素提取物与金银花提取物分别对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌具有广谱抑菌作用，且抑菌效果与提取物浓度正相关。然而，现有抗菌药物疗效仍有提升空间。因此，本研究以白藜大黄素和金银花绿原酸为指标成分，通过超声波提取法优化工艺，结合薄层色谱与紫外分光光度法进行定性定量分析，并采用琼脂稀释法、正反交实验探究两者联合使用的协同抑菌效应，旨在开展研究结合不同类别的抗菌药物，采用组合药物的治疗策略来研究其强抑菌作用，并开发它们在组合治疗领域的应用<sup>[20]</sup>。利用此新方法的开发来解决传统方法难以解决的问题。研究构效关系，力争创制新一代药物，去进一步推动抗菌药的研发和创新，为抗细菌的治疗提供更加个性化、高效的解决方案。

（二）所用方法的作用机制

- 1.薄层色谱（TLC）机制：基于组分极性差异，通过固定相（硅胶）与流动相（溶剂）吸附-溶解动态分配实现分离；以Rf值（斑点迁移距离/溶剂前沿距离）定性分析，紫外或显色剂检测。
- 2.紫外分光光度计机制：定量依据比尔-朗伯定律（ $A = \epsilon lc$ ），通过标准曲线计算浓度；光源（氘灯/钨灯）分光至 $\lambda_{max}$ ，检测样品吸光度。
- 3.最低抑菌浓度（MIC）：系列稀释法确定最低抑菌浓度（MIC），值越小活性越强。
- 4.棋盘稀释法和协同效应判定（FIC指数）机制：正交梯度排列两种药物浓度，计算FIC指数： $FIC = (A \text{药联用浓度} / A \text{药MIC}) + (B \text{药联用浓度} / B \text{药MIC})$ 。判定： $\leq 0.5$ 协同， $0.5-1$ 相加， $1-4$ 无关， $>4$ 拮抗。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 化学工业出版社 2005: 72.  
[2] 夏诗明, 唐静, 杨波. 气相色谱法测定金银花油中芳樟醇的含量 [J]. 湖北中医学院学报, 2007, (02): 39-40.  
[3] 张贤睿, 许玮仪, 荆文光, 等. 仿生技术在中药质量控制领域的应用研究进展 [J]. 中国现代中药, 2024, 26(03): 578-584. DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.20231002001.  
[4] 俞琦. 白藜醇提取物免疫活性的初步研究 [J]. 贵阳中医学院学报, 2005, 27( 2): 20 - 22.

5.协同机制：联合使用则可减少抗生素的使用量，降低副作用的发生率，保证患者的安全，进而提升治疗效果。这些发现为临床上合理使用中西医结合治疗耐药细菌感染提供了新的思路<sup>[21]</sup>。抗菌协同：大黄素破坏细菌细胞壁/膜，绿原酸增强渗透性，双靶点抑制代谢；免疫调节：平衡免疫微环境，抑制耐药并辅助治疗自身免疫性疾病；肿瘤联合治疗：与PD-1抗体联用增强疗效，减轻炎症；促进放化疗后免疫修复，降低感染风险

（三）研究结果

- 1.薄层色谱（TLC）分析：白藜大黄素提取物与标准品Rf值一致（ $0.45 \pm 0.02$ ），呈红色暗斑；金银花绿原酸在328 nm紫外灯下显示蓝色荧光斑点（Rf值： $0.31 \pm 0.03$ ），表明目标成分有效分离且纯度达标。
- 2.紫外分光光度法定量分析：白藜大黄素提取率为（ $92.4 \pm 3.1$ ）%（RSD=3.4%），金银花绿原酸提取率为（ $88.7 \pm 2.8$ ）%（RSD=3.2%），数据重复性良好（RSD<5%），验证了超声提取与热回流法的高效性与稳定性。
- 3.大黄素与绿原酸联合用药的协同抑菌效应及验证结果：  
当大黄素与绿原酸的浓度比为1:2时，对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度（MIC）为6.1 mg/mL，显著低于单独使用大黄素（MIC=45mg/mL）和绿原酸（MIC=30 mg/mL），联合抑菌指数（FIC）为0.338（ $FIC \leq 0.5$ 为协同作用）；当浓度比为3:2时，对大肠杆菌的MIC为8.2 mg/mL，亦显著低于单用大黄素（MIC=70 mg/mL）和绿原酸（MIC=55 mg/mL），FIC为0.266，表明两种组合对两类病原菌均具有显著协同抗菌效应。正交试验方差分析显示，联合用药组抑菌圈直径显著大于单药组（ $p < 0.05$ ），且浓度与菌种交互作用显著，进一步验证了协同效应的统计学意义。
- 4.方法有效性验证：6次重复实验抑菌圈直径RSD均<10%（3.4%和3.2%），符合《中国药典》标准；超声波提取（大黄素）与热回流法（绿原酸）组合保障提取效率与稳定性，TLC-紫外联用实现定性与定量标准化；琼脂稀释法联合正交试验及FIC指数-ANOVA双验证，排除干扰因素，证实协同效应显著（RSD提取率<5%，抑菌数据可靠），为天然抗菌成分开发提供方法学支持。

（四）研究总结与展望

本研究通过优化白藜大黄素（甲醇提取法）与金银花绿原酸（乙醇萃取法）的提取工艺，结合薄层色谱及紫外分光光度法定量分析，利用琼脂稀释法测定二者对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的MIC值，并通过正反交实验证实其联合用药的协同抑菌效应，为减少抗生素用量及耐药性提供依据。当前局限包括体外实验未验证临床效果、菌株响应差异及机制不明确，未来需进一步开展体内研究、扩大菌株样本并深入解析作用机制。基于CLSI标准的研究结果提示，二者在抗感染及免疫相关疾病中具有潜在应用价值。



[5] 闵凡印. 白藜炒制前后的体外抗菌作用 [J]. 中国中药杂志, 1995, 20(12): 728 - 729.

[6] 马丽. 金银花的药理作用研究 [J]. 光明中医, 2020, 35(20): 3308-3310.

[7] 王林青, 张红英, 等. 金银花、山银花绿原酸类提取物体外抗 NDV 作用研究 [J]. (中国农学通报), 2011, 27(19): 277 - 282.

[8] 陈爱军. 白藜活性成分提取工艺研究 [D]. 南华大学, 2016.

[9] 顾英, 冯怡. 薄层色谱新技术在中药药物分析方面的应用 [J]. 时珍国医国药, 2006, (12): 2589-2590.

[10] 韩雪. 两种红参保健品的制备工艺、质量研究及抗疲劳活性评价 [D]. 吉林农业大学, 2015.

[11] 张新乐, 黄泽光, 薛晓英, 等. 加酸提取何首乌中大黄素工艺的探讨 [J]. 时珍国医国药, 2007, (03): 571-572.

[12] 罗娜, 王雪, 黄丽佳, 等. 紫外分光光度法测定栀子中绿原酸含量 [J]. 云南中医中药杂志, 2020, 41(06): 67-69. DOI: 10.16254/j.cnki.53-1120/r.2020.06.024.

[13] 胡长胜. 家畜养殖抑菌中药筛选及机理研究. 兰州: 兰州大学硕士学位论文, 2022. HU C S. Livestock antibacterial medicine selection and mechanism research. Master Thesis. Lanzhou: Lanzhou University, 2022.

[14] 邢帅, 谭雨箫, 黄伊芹, 等. 肉桂精油与山苍子精油复配协同对鸡白痢沙门氏菌生物膜的影响 [J]. 饲料研究, 2024, 47(22): 99-104. DOI: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2024.22.018.

[15] 朱长俊, 朱红微. 白藜正丁醇提取物抗菌作用研究. [D]. 浙江: 嘉兴学院生物与化学工程学院, 2011.

[16] 薛胜霞, 徐晶, 方健, 等. HPLC 测定牛黄解毒片中黄芩苷与大黄酚的含量 [J]. 海峡药学, 2009, 21(11): 39-41.

[17] 肖文平, 毛威. 紫外-可见分光光度法测定福菊和杭菊中总黄酮及绿原酸含量 [J]. 湖北农业科学, 2011, 50(06): 1278-1280. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2011.06.019.

[18] 王燕, 卢恒, 邹晓菊, 等. 金银花中绿原酸提取分离纯化方法研究进展 [J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(08): 186-189. DOI: 10.13193/j.issn.1673-7717.2022.08.044.

[19] 刘柏杉, 李晓仪, 王秀芹, 等. 黄芩提取物对金黄色葡萄球菌的体外抗菌活性及作用机制 [J]. 饲料研究, 2023, 46(12): 84-88.

[20] 李乐. 正交设计优化甜瓜子总黄酮提取工艺 [J]. 中国果菜, 2014, 34(08): 22-24.

[21] 于立权, 宋成祺, 胡波. 万古霉素水凝胶对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌体外抑菌效果评价 [J]. 中国生物制品学杂志, 2020, 33(3): 275-279, 292.